

### 3. 1. 3. 過酷な自然環境下で安全に動作するセンサネットワークの構築

本研究では、過酷な気象環境下でも動作し、利用者が安全に利用できるセンサネットワークを構築する技術開発したことである。具体的には、(1) 厳しい環境でも動作するセンサネットワークの設計手法の開発 (2) 発電量と消費電力を考慮したプロセススケジューリング手法の開発 (3) 安全に利用できるセンサネットワークプロトコルによる信頼性の向上 (4) 実証実験による、現実社会への適用である。この技術で、厳しい自然環境下での情報の収集が行えると考えられる。

本研究の目的は、過酷な気象環境下でも動作し、利用者が安全に利用できるセンサネットワークを構築することである。

従来のセンサネットワークの研究は、利用環境が安定していることを前提にしている。また、電源の取得が容易に行えるか若しくは電池の交換が容易に行えることを前提にしていた。本研究は、屋外で気象条件が厳しいところでの動作を前提に設計を行うために、あらゆる屋外での利用が可能になると考えられる。従来研究では容量が大きい2次電池の利用を前提にし、システムの安定化を行っていたが、本研究では電源取得方法、電源管理手法を新たに構築するため、センサネットワークノードを従来の物より小型にできる可能性があり、あらゆる場所での利用が可能になる。

一方、センサネットワークを安全に動作させるための研究分野が存在する。既存の研究は、ネットワークプロトコルの暗号化等が行われている。本研究は、ネットワークセキュリティプロトコルの従来研究の成果を活用し、それぞれのノードの監視手法の開発、途中のノードが故障した場合の対処等、センサネットワーク全体の動作の安全性に着目する点が新しい。

研究成果は以下の通りである。

#### (1) 過酷な気象環境でも動作する専用ハードウェアの制作

過酷な環境で動作させるために、(1) センサを設置する専用のケースの制作 (2) 太陽電池、風力発電を利用したハイブリッド発電システムを製作した。

I P X 7 相当で動作するケースを制作した場合、センサノードの単価に対して非常に高価なケースが必要になる。そこで、本研究では、必要最小限の耐久性でかまわないと考え、通常ホームセンターで売られているガーデンライトを改造して作成した (図 4)。ガーデンライトは、全国どこでも安価で手に入り、小型のため、ただしく地面に打ち込めば周りの影響を受けにくい。また、重量が非常に軽いため可搬性に優れ、山の中に設置する場合設置するのに適していると考えた。問題は、極低温でも正しく動作するかどうかであり、この点を実証実験で確認した。

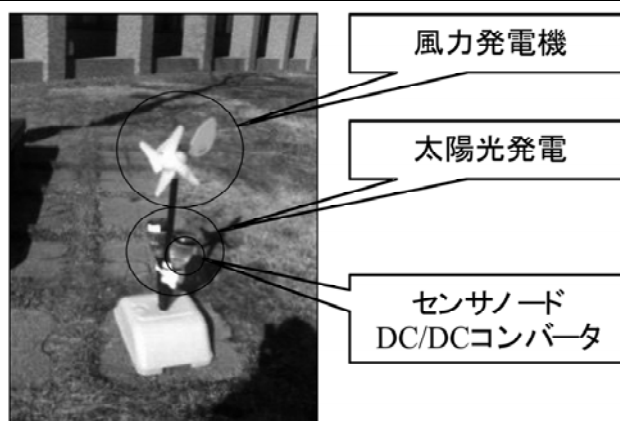


図4 試作センサノード

また、太陽電池、風力発電のハイブリッド発電システムを開発した。これは、野外の環境では、当然のことながら電源はひかれておらず、なおかつ従来のセンサネットワークとは異なり、電池の交換が非常に困難であるからである。また、従来よく利用されている、太陽電池だけのセンサノードであれば、森の中に入れば、屋外が晴天時であったとしても、森の中では十分に発電しないことが考えられる。そこで、本研究では、屋外で容易に発電が可能である、太陽電池と風力発電のハイブリッド型を用いることにした、

市販されているハイブリッド型の太陽電池、風力発電は非常に高価なため、市販の安価のモジュールを利用し、オリジナルの充電回路、制御回路を設計し制作した。この回路を利用することで、(1) 晴天時昼間は、太陽電池によって消費電力分の発電が可能であり(2) 風が 2m/sec 以上吹いている場合には風力発電が可能であることが分かった。なおかつ、ハイブリッドにすることで、地形における発電効率の問題に対して一定の目処を立てることが可能になった。

## (2) 電力管理手法の開発

本研究では、ハイブリッド発電モジュールと2次電池を組み合わせ活用し、なおかつ、発電状態と2次電池の充電量をモニタリングしながら、システムの Duty Cycle を可変させていくシステムを提案した。

今回利用するセンサネットワークは、TinyOS によって制御されている。TinyOS とは、従来の PC とは異なり非常にリソースが限られているセンサネットワークを稼働させるためのオペレーティングシステムである。

TinyOS では、機能毎にモジュールと呼ばれる部品群が提供され、ユーザがアプリケーションプログラムを書く場合には、このモジュールをアルゴリズムに従い組み合わせ実装する。

一般に、ユーザがアプリケーションプログラムを書くとき、時間を制御する Timer コンポーネント(モジュールを組み合わせる一つの機能をもったもの)を利用する。

Timer コンポーネントは、あらかじめ指定された間隔毎に、イベントを発生させ、別のコンポーネントを起動する。本プログラムでは、サンプリング間隔を定義しておく(SAMPLING\_FREQUENCY)、実行時にそのサンプリング間隔毎に、Timer.fired が呼び出され、センサからデータが読み出される。

つまり、Timer コンポーネントを制御するコンポーネントを作成すれば、動的にスケジュールを生成することが可能になる。

よって、動的にスケジューリングを変更するには、

(a) 一定間隔  $\alpha$  秒毎に、電池電圧を読み取る。

(b) すべての Timer コンポーネントを一時停止

(c)Timer コンポーネントの時間間隔を電池電圧に従い再設定

(d)Timer 再スタート

で実装を行った。

(3) 実証実験による評価

本システムは、crossbow 社製の micaZ および IRIS で実装した。

過酷な環境下での動作であるが、外気温が氷点下以下になったとしても、機械の熱によってケースの中は、一定以上の温度が確保出来ることがわかった(図 5)。これは、昼間にセンサノードの発熱で蓄熱されるために、夜から朝にかけて外気温が下がったとしてもその分を昼間の蓄熱で保証するかである。

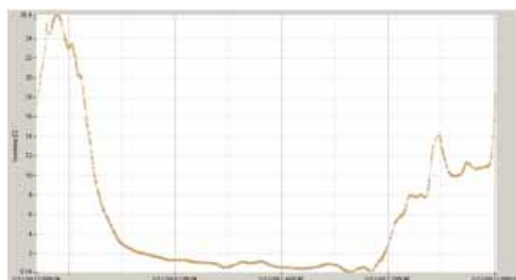


図 5 最高気温 5.6℃最低気温-4.9℃の時のセンサノード内の気温

また、ハイブリッド発電ノードも正しく動作することを確認した(図 6)。

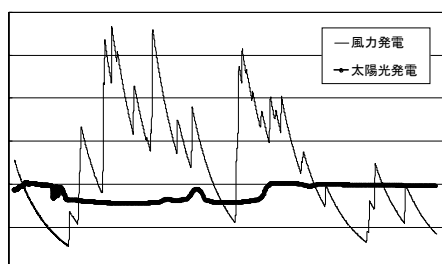


図 6 風力発電および太陽発電の起電力

このシステムは、従来のセンサネットワーク拡張として実装しているので、従来のセンサネットワークのセンシングシステムはそのまま利用可能である。

本研究では、野外における得られた温度分布をリアルタイムで 3 次元表示が可能になるシステムを構築した(図 7)。

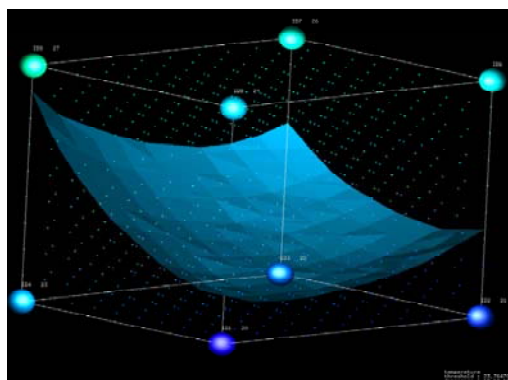


図 5 センサ情報の 3 次元可視化

また、本システムのアプリケーションとして、野外活動における生体情報のモニタリングをとりあげ、本システムのために小型脈波センサーを利用し、20秒に1回脈拍を送信し、利用者の状況を確認するシステムを構築した。

### 3.1.4. 業績一覧

- ① Yasuaki Teshirogi, Jun Sawamoto, Norihisa Segawa, Eiji Sugino, A Proposal of Tsunami Warning System Using Area Mail Disaster Information Service on Mobile Phones, International Workshop on Disaster and Emergency Information Network Systems (IWDENS'2009) in conjunction with The IEEE 23rd International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA-09), May 2009.
- ② 手代木泰顕、澤本潤、瀬川典久、杉野栄二、野村行憲、携帯エリアメールの津波警報への適用、情報処理学会第71回全国大会, pp. 3-401-402、March 2009.
- ③ 浅川 和久、高橋 孝輔、瀬川 典久、澤本 潤、センサネットワークを利用した生体情報伝送システムの構築、電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 108, No462, OIS, 2009, 49-54
- ④ 高橋孝輔・浅川和久・瀬川典久・澤本 潤、過酷な環境で動作するセンサノードの稼動状態に関する調査、電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 108, No462, OIS, 2009, 37-42
- ⑤ 瀬川典久、坂本尚久、小山田耕二、CAVE を利用したセンサネットワークのリアルタイム可視化システムの構築、電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 108, No. 252, USN, 2008, 7-12
- ⑥ 瀬川典久・高橋孝輔・浅川和久・澤本 潤、センサーネットワークにおける電力コントロールの考察、電子情報通信学会 OIS 研究会, 2009 年 3 月 5 日、沖縄
- ⑦ Huang Xuping, Kawashima Ryota, Segawa Norihisa, Abe Yoshihiko, Design and implementation of real-time acoustic steganography, 2008 IEEE International Conference on Multimedia and Expo, (ICME 2008), 2008 年 6 月 25 日、ハノーファー
- ⑧ Norihisa Segawa, Daiki Ito, Yoshihiko Abe, Jun Sawamoto, The proposal of the dynamic scheduling in the sensor network according to a production of electricity, IEEE INNS2008, 2008 年 6 月 18 日、金沢